

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 9 月 1 日 (01.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/080643 A1

(51) 国際特許分類⁷: C25C 3/26, C22B 5/04, 9/10, 34/12

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/002291

(22) 国際出願日: 2005 年 2 月 16 日 (16.02.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2004-044827 2004 年 2 月 20 日 (20.02.2004) JP
特願2004-281341 2004 年 9 月 28 日 (28.09.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友チタニウム株式会社 (SUMITOMO TITANIUM CORPORATION) [JP/JP]; 〒6608533 兵庫県尼崎市東浜町 1 番

地 Hyogo (JP). 東邦チタニウム株式会社 (TOHO TITANIUM CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2538510 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎三丁目 3 番 5 号 Kanagawa (JP).

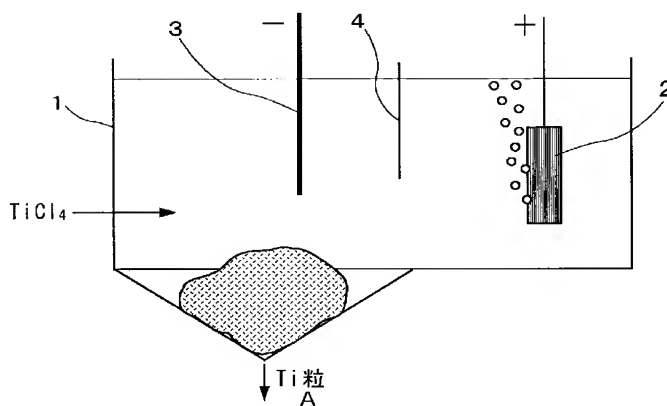
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 小笠原 忠司 (OGASAWARA, Tadashi) [JP/JP]; 〒6608533 兵庫県尼崎市東浜町 1 番地 住友チタニウム株式会社内 Hyogo (JP). 山口 誠 (YAMAGUCHI, Makoto) [JP/JP]; 〒6608533 兵庫県尼崎市東浜町 1 番地 住友チタニウム株式会社内 Hyogo (JP). 堀 雅彦 (HORI, Masahiko) [JP/JP]; 〒6608533 兵庫県尼崎市東浜町 1 番地 住友チタニウム株式会社内 Hyogo (JP). 上西 徹 (UENISHI, Toru) [JP/JP]; 〒6608533 兵庫県尼崎市東浜町 1 番地 住友チタニウム株式会社内 Hyogo (JP). 岳下 勝則 (DAKESHITA, Katsunori) [JP/JP]; 〒6608533 兵

[続葉有]

(54) Title: PROCESS FOR PRODUCING Ti OR Ti ALLOY BY Ca REDUCTION

(54) 発明の名称: Ca 還元による Ti または Ti 合金の製造方法



A- Ti GRAIN

(57) Abstract: A process for producing a highly purified metallic Ti or Ti alloy, comprising, while retaining a molten salt containing CaCl_2 wherein Ca is molten in a reaction vessel, not only carrying out electrolysis of the molten salt of the reaction vessel but also feeding a metal chloride containing TiCl_4 into the molten salt so as to effect reaction with Ca formed on the negative electrode side by the electrolysis, thereby forming granular Ti or Ti alloy in the molten salt. The feeding rate of TiCl_4 as a raw material can be increased, and a continuous production can be realized. Moreover, as the reduction reaction and electrolytic reaction can be simultaneously advanced in the reaction vessel and as the Ca consumed by the reduction reaction can be compensated for by the electrolytic reaction, it is not needed to handle Ca per se separately. Therefore, this process can be effectively utilized as means for producing a highly purified metallic Ti or Ti alloy efficiently in an economic manner.

(57) 要約: CaCl_2 を含み且つ Ca が溶解した溶融塩を反応槽内に保持し、該反応槽内の溶融塩中で電気分解を行うと共に、その電気分解で陰極側に生成した Ca と反応するように

[続葉有]



WO 2005/080643 A1



兵庫県尼崎市東浜町 1 番地 住友チタニウム株式会社
内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 森 道雄 (MORI, Michio); 〒6600892 兵庫県尼崎市東難波町五丁目 1 7 番 2 3 号 尼崎ビル 森道雄特許事務所 Hyogo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

TiCl₄を含む金属塩化物を前記溶融塩中に供給して、前記溶融塩中に粒状の Ti 又は Ti 合金を生成させる方法であり、高純度の金属 Ti 又は Ti 合金を製造できる。そして、原料である TiCl₄の供給速度を高めることができ、更に、連続的な製造が可能である。しかも、反応槽内で還元反応と電解反応を同時に進行させ、還元反応で消費される Ca を電解反応で補うことができるので、Ca それ自体を単独で取り扱う必要がない。従って、本発明の製造方法は、高純度の金属 Ti 又は Ti 合金を能率よく経済的に製造する手段として有効に利用することができる。

明 細 書

Ca還元によるTi又はTi合金の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、四塩化チタン(TiCl_4)を含む金属塩化物をCaにより還元処理して金属Ti又はTi合金を製造するCa還元によるTi又はTi合金の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 金属チタンの工業的な製法としては、酸化チタン(TiO_2)を塩素化して得られる TiCl_4 をMgにより還元するクロール法が一般的である。このクロール法では、反応容器内で TiCl_4 をMgにより還元する還元工程と、反応容器内に製造されたスポンジ状の金属Tiから未反応のMg及び副生物である塩化マグネシウム(MgCl_2)を除去する真空分離工程を経て、金属Tiを製造する。

[0003] 還元工程では、反応容器内に溶融Mgを充填し、その液面に上方から TiCl_4 の液体を供給する。これにより、溶融Mgの液面近傍で TiCl_4 がMgにより還元され、粒子状の金属Tiが生成すると同時に、溶融 MgCl_2 が液面近傍に副生する。生成した金属Tiは逐次下方へ沈降し、溶融 MgCl_2 も比重が溶融Mgより大きいので下方に沈降して、溶融Mgが液面に現れる。この比重差置換により、液面に溶融Mgが供給され続け、 TiCl_4 の還元反応が継続して進行する。

[0004] クロール法による金属Tiの製造では、高純度の製品が製造されるが、製造コストが嵩み、製品価格が非常に高くなる。製造コストが嵩む原因の一つは、 TiCl_4 の供給速度を上げることが困難なことである。 TiCl_4 の供給速度が制限される理由としては次の(a)～(c)が考えられる。

[0005] (a)クロール法での生産性を高めるには、 TiCl_4 の供給速度、即ち溶融Mgの液面への単位面積または単位時間あたりの供給量を増大させることが有効である。しかし、 TiCl_4 の供給速度を大きくしすぎると、前述の比重差置換が間に合わず、液面に MgCl_2 が残ってこれに TiCl_4 が供給されるようになる。その結果、供給された TiCl_4 は未反応の TiCl_4 ガスや、 TiCl_3 などの低級塩化物のガス(これらを、「未反応ガス」という)となって反応容器外へ排出されるため、 TiCl_4 の利用効率が低下する。また、未反応

ガスの発生は容器内圧の急激な上昇を伴うので避ける必要がある。これらの要因から、 TiCl_4 の供給速度が制限される。

- [0006] (b) TiCl_4 の供給速度を大きくすると、熔融Mgの液面から生じるMg蒸気が TiCl_4 の蒸気と反応して熔融Mg液面より上方の反応容器内面におけるTi析出量が多くなる。一方、 TiCl_4 の還元が進むにつれて熔融Mgの液面が上昇するため、反応容器の上部内面に析出したTiが、還元工程の後半では熔融Mgに浸漬した状態となり、液面の有効面積が減少して反応速度が低下する。これを抑えるために、 TiCl_4 の供給速度を制限し、容器上部内面におけるTiの析出を極力抑えることが必要になる。

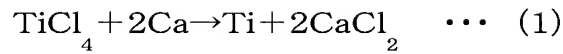
特開平8-295955号公報では、液状の TiCl_4 を熔融Mgが存在する液面に分散供給することによって反応効率を高め、反応容器の上部内面におけるTiの析出を抑制する方法が提案されている。しかし、前記Ti析出の抑制対策としては十分ではない。

- [0007] (c) クロール法では、反応容器内の熔融Mgの液面近傍だけで反応が行われるため、発熱する領域が狭く、局所的に温度が上昇する。そのため、冷却が困難となり、 TiCl_4 の供給速度が制限されることになる。

- [0008] また、 TiCl_4 の供給速度に直接影響する問題ではないが、クロール法では、熔融Mgの液面近傍で粒子状に生成したTi粉が、熔融Mgの濡れ性(粘着性)により凝集し、その状態で沈降し、沈降中にも熔融液が有する熱により焼結して粒成長する。そのため、生成したTiを微粉として反応容器外へ取り出し、回収することが難しく、製造を連続的に行うことが困難であり、生産性の向上が阻害されている。Tiが反応容器内にスポンジチタンとしてバッチ方式で製造されるのは、このためである。

- [0009] クロール法以外のTi製造方法に関しては、米国特許第2205854号明細書に、 TiCl_4 の還元剤としてMg以外の例えばCaの使用が可能であることが記載されている。また、米国特許第4820339号明細書に、Caによる還元反応を用いたTi製造方法として、反応容器内に CaCl_2 の熔融塩を保持し、その熔融塩中に上方から金属Ca粉末を供給して、熔融塩中にCaを溶け込ませると共に、下方から TiCl_4 ガスを供給して、 CaCl_2 の熔融塩中で溶解Caと TiCl_4 を反応させる方法が記載されている。

- [0010] Caによる還元では、下記(1)式の反応により、 TiCl_4 から金属Tiが生成し、それと共に CaCl_2 が副生する。



CaはMgよりClとの親和力が強く、原理的には TiCl_4 の還元剤に適している。特に、米国特許第4820339号明細書に記載された方法では、Caを溶融 CaCl_2 中に溶解させて使用するが、このように、溶融 CaCl_2 中でのCa還元反応を利用すれば、クロール法のように反応容器内の還元剤の液面に TiCl_4 を供給する場合と比べて反応の生じる領域(反応場)が拡がり、発熱領域も拡がるので、冷却が容易になる。従って、 TiCl_4 の供給速度を大幅に高めることができ、生産性の向上が期待できる。

[0011] しかしながら、米国特許第4820339号明細書に記載された方法は、工業的なTi製造法としては成立し得ない。この方法では、還元剤として極めて高価な金属Caの粉末を使用するので、製造コストが、クロール法よりも高価となるからである。

更に、別のTi製造方法としては、米国特許第2845386号明細書に、 TiO_2 を、 TiCl_4 を経由せずCaにより直接還元する方法(オルソンの方法)が記載されている。この方法は、酸化物直接還元法の一つで、高能率である。しかし、高純度の TiO_2 を使用しなければならないので、高純度のTiを製造するのには適さない。

発明の開示

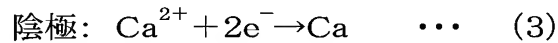
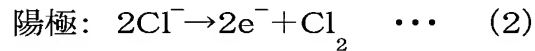
[0012] 本発明の目的は、高純度の金属Ti又はTi合金を高能率に、しかも高価な還元剤を使用することなく経済的に製造することにある。

[0013] この目的を達成するために、本発明者らは、 TiCl_4 のCaによる還元が不可欠であると考え、前掲の米国特許第4820339号明細書に記載されたような CaCl_2 の溶融塩中に溶解するCaを利用する方法について検討した。

この場合、還元反応容器内では、前記(1)式の反応の進行に伴い溶融塩中のCaが消費されるが、これを補うために、米国特許第4820339号明細書に記載された方法では、金属Caの粉末を還元反応容器内に供給し続ける必要がある。しかし、本発明者らは、Ca還元によるTiの製造方法を工業的に確立するためには、還元反応で消費される溶融塩中のCaを経済的に、すなわち、安価に補充する必要があると考え、その手段として、溶融塩中の溶解Ca濃度を電気分解により操作する方法を案出した。

[0014] 換言すれば、反応槽内で溶融 CaCl_2 を電気分解すると、下記(2)式及び(3)式の

電極反応が進行して、陽極の表面近傍で Cl_2 ガスが発生し、陰極の表面近傍でCaが生成するので、熔融塩中のCa濃度を高めることができる。そこで、この陰極側に生成するCaと反応するように TiCl_4 を熔融 CaCl_2 中に供給すると、Tiの生成に消費されるCaが随時補充されるので、外部からの金属Caの補充や金属Caの抽出が不要になり、金属Tiの経済的な製造が可能になる。



[0015] TiCl_4 の還元消費されるCaを電気分解で生成するCaで補充する方法は、還元と電気分解をそれぞれ還元槽と電解槽で行わせ、両槽間で熔融 CaCl_2 を循環させることによって可能である。しかし、電気分解で陰極側に生成するCaと反応するように、 TiCl_4 を反応槽内の熔融 CaCl_2 中に供給してやれば、反応槽が還元槽と電解槽を兼ねることとなり、両槽を設ける必要がなく、還元槽と電解槽の間で熔融 CaCl_2 を循環させる場合と比べて設備コストなどの面でも非常に有利となる。

[0016] 本発明はかかる考察に基づいてなされたものであり、その要旨は、下記のTi又はTi合金の製造方法にある。

即ち、Caによる還元反応を用いたTi又はTi合金の製造方法であって、 CaCl_2 を含み且つCaが溶解した熔融塩を反応槽内に保持し、該反応槽内の熔融塩中で電気分解を行うと共に、その電気分解で陰極側に生成したCaと反応するように TiCl_4 を含む金属塩化物を前記熔融塩中に供給して、前記熔融塩中にTi又はTi合金を生成させる還元電解工程と、前記反応槽内又は反応槽外で前記Ti又はTi合金を熔融塩から分離するTi分離工程とを含むことを特徴とするCa還元によるTi又はTi合金の製造方法である。

[0017] 本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法は、高純度のものが得られやすい TiCl_4 を還元する方法であるため、高純度の金属Ti又はTi合金を製造できる。

還元剤にCaを使用し、 CaCl_2 を含む熔融塩中のCaに TiCl_4 を含む金属塩化物を反応させるので、 TiCl_4 の供給速度を増大できる。更に、 CaCl_2 中にTi粒又はTi合金粒を生成させるので、粒子同士の凝集や、焼結による粒成長が極めて少なく、これらを反応槽外へ取り出すことができ、連続的な操業が可能である。しかも、反応槽内で

還元反応と電解反応を同時に進行させ、還元反応で消費されるCaを電解反応で補うことにより、Caを常時、熔融塩に溶解した状態で利用することができる。

従って、この本発明の製造方法によれば、高純度の金属Ti又はTi合金を能率よく経済的に製造できる。

図面の簡単な説明

[0018] 図1は、本発明の実施形態を示す金属Ti製造装置の構成図である。

発明を実施するための最良の形態

[0019] 1. 本発明のTi又はTi合金製造方法の内容

本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法においては、例えば、熔融塩として熔融 CaCl_2 を反応槽内に保持し、反応槽内の熔融塩中に TiCl_4 を供給すると、その TiCl_4 が熔融塩に溶解しているCaにより還元されて、粒状及び／又は粉状の金属Ti(以下、これを「Ti粒」と記す)が生成する。Ti粒の生成に伴って熔融塩中の溶解Caは消費されるが、反応槽内では還元反応と同時に熔融 CaCl_2 の電気分解が進行しているので、陰極側にCaが生成し、消費された溶解Caが補充される。

[0020] 従来、金属Tiの工業的な生産にCaが使用されてこなかった理由の一つは、Caと CaCl_2 の分離が困難なことである。Mgは MgCl_2 を電解して製造されるが、Mgは MgCl_2 に殆ど溶解しないので、生成されたMgは効率よく回収できる。NaもNaClを電解することにより、Mgと同様に効率よく製造できる。一方、Caは CaCl_2 の電解により製造されるが、生成されたCaは CaCl_2 に約1.5%溶解する。そのため、Caだけを効率よく製造することが難しく、溶解したCaがバックリアクション(陰極側に生成したCaが陽極側に生成した Cl_2 と結合して CaCl_2 に戻る反応)で CaCl_2 を生成する現象も加わるために、製造効率が悪い。電極を冷却するなどの工夫によりCaの回収率を高める技術も用いられるが、それでもCaの製造コストは高くならざるを得ない。

[0021] しかし、本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法においては、熔融 CaCl_2 中に溶解したCaを使用し、Caを分離する必要がないため、Caの電解製造コストを低減することができる。

また、熔融 CaCl_2 中でのCa還元を利用すれば、還元反応場が広がり、同時に発熱領域も広がる。更に、850℃での蒸気圧はMgが6.7kPa(50mmHg)であるのに対

して、Caは0.3kPa(2mmHg)と極めて小さく、そのため、反応槽の上部内面へのTi析出量は、還元でCaを使用した場合、Mgに比べて格段に少なくなる。従って、本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法においては、 TiCl_4 供給速度の大幅増大も可能になる。

その上、CaはMgより濡れ性(粘着性)が劣る上に、析出Ti粒子に付着するCaが CaCl_2 に溶解するので、生成チタン粒子同士の凝集や、焼結による粒成長もはるかに少なく、生成Tiを粉末状態で反応槽外へ取り出すことができ、連続的なTi製造操作も可能となる。

[0022] 溶融 CaCl_2 液中への TiCl_4 の供給形態としては、 TiCl_4 を溶融 CaCl_2 液中へガス状態で直接供給するのが、溶融 CaCl_2 液中のCaに対する TiCl_4 の接触効率が高く、特に望ましい形態である。しかし、これに限らず、溶融 CaCl_2 液の液面に液体又はガス状態の TiCl_4 を供給したり、溶融 CaCl_2 液上に保持された溶融Ca液の液面や液中に液体又はガス状態の TiCl_4 を供給することも可能である。

溶融 CaCl_2 液上に保持された溶融Ca液面に TiCl_4 の液体を供給して還元反応を行わせる場合、溶融Ca液を、溶融 CaCl_2 液中のCaを利用できる程度に薄く保持した状態とするのが望ましい。Ca層が薄ければ、溶融 CaCl_2 液中のCaも反応に関与するので、溶融Ca層から溶融 CaCl_2 層にかけて反応を行わせ、 TiCl_4 の供給速度の増大により比重差置換が間に合わなくなってもTiの生成を継続させることができる。

[0023] 前記 TiCl_4 ガスの供給に関し、本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法がクロール法と比べて有利であることについて述べる。

クロール法では、溶融Mg液の液面に TiCl_4 の液体を供給するが、反応場の拡大を狙って溶融Mg液の液中に TiCl_4 のガスを供給することも試みられた。しかし、前述したように、Mgの蒸気圧が高いため、 TiCl_4 ガスの供給管へMg蒸気が侵入し、 TiCl_4 と反応して供給管を閉塞させてしまう。

一方、溶融 MgCl_2 液中に TiCl_4 のガスを供給することも試みたが、供給管を閉塞させる頻度は低下するものの、管閉塞の事態は依然として残る。 TiCl_4 ガスのバブリングにより溶融物が攪拌され、供給管に溶融Mgが到達する場合があるからである。しかも、溶融 MgCl_2 液中に TiCl_4 を供給しても、その溶融塩中にMgが殆ど溶解しない

ため、還元反応が起こり難くなる。

- [0024] これに対して、Ca還元を利用する方法では、前記供給管の閉塞が起こりにくく、熔融 CaCl_2 液中への TiCl_4 ガスの供給が可能である。供給管が閉塞しにくいのは、熔融Caの蒸気圧が低いことによるものと推察される。

即ち、本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法においては、 TiCl_4 を熔融 CaCl_2 液中へガス状態で直接供給するのが特に望ましいが、実際の操業上もこの供給形態が問題なく実施可能である。また、熔融 CaCl_2 液の液面や、熔融 CaCl_2 液上に保持された熔融Ca液の液面、液中に TiCl_4 の液体やガスを供給する形態を採ることもできる。

- [0025] 熔融 CaCl_2 液中に生成したTi粒の熔融 CaCl_2 液からの分離については、反応槽内又は反応槽外のいずれでも実施可能である。しかし、反応槽内で行うとバッチ方式となるので、生産性を高めるためには、生成Tiが粒子状で得られることを利用して、熔融 CaCl_2 液と共に反応槽外へ抜き取り、反応槽外で熔融 CaCl_2 液からTi粒を分離するのがよい。機械的な圧縮による絞り操作などにより、Ti粒を熔融 CaCl_2 液から簡単に分離することができる。

- [0026] 本発明の製造方法でTiを製造する場合、原料としては、 TiCl_4 を使用するが、 TiCl_4 と他の金属塩化物とを混合して使用することにより、Ti合金を製造することも可能である。 TiCl_4 も他の金属塩化物も同時にCaにより還元されるので、この方法によってTi合金を製造することができる。なお、前記他の金属塩化物はガス状、液状のいずれの状態で使用してもよい。

- [0027] 本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法では、熔融 CaCl_2 中のCa(陰極側に生成したCaや未反応のCa)が陽極側に生成した Cl_2 と結合して CaCl_2 に戻るバックリアクションや、Caの反応性が高いことによる炉材の損耗が問題になる。

バックリアクションが生じると、それに電解電流が消費されるため、電流効率が低下する。この問題、特に、陰極側に生成したCaが、陽極側に生成した Cl_2 と結合するバックリアクションに対しては、反応槽に、下方部が開口をなしている隔壁を設けて(後述する図1参照)、槽内を陽極側と陰極側に分けるのが望ましい。

- [0028] また、炉材の損耗の問題に対しては、熔融塩を CaCl_2 単独ではなく、混合塩として

その融点を下げ、溶融塩の温度(つまり、浴温)を下げるのが有効である。

即ち、本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法においては、溶融塩として、通常、融点が780℃の CaCl_2 を用いるが、 CaCl_2 -NaCl、 CaCl_2 -KClの2元系の溶融塩や、 CaCl_2 -NaCl-KClの3元系の溶融塩のように、 CaCl_2 に対して他の塩(例えば、NaCl、KCl、LiCl及び CaF_2)のうちの1種以上を混合し、多元系溶融塩とすることも可能である。これにより、塩の融点が下がるので、溶融塩の温度(浴温)を低下させることが可能になる。例えば、 CaCl_2 とNaCl(融点:約800℃)を混合すると、融点を最低で約500℃まで低下させることができる。

その結果、炉材の寿命の延長、炉材コストの低減、更には、液面からのCaや塩の蒸発の抑制が可能になる。

[0029] 2. 本発明のTi又はTi合金製造方法の実施形態

以下に本発明方法の実施形態を図面に基づいて説明する。

図1は本発明の実施形態を示す金属Ti製造装置の構成図である。この実施形態では、還元反応及び電解反応を同時進行的に行う反応槽1が使用される。反応槽1は、溶融塩としてCaが比較的多量に溶解したCaリッチの溶融 CaCl_2 を保持する。 CaCl_2 は融点が約780℃であり、その溶融塩はその融点以上に加熱されている。

[0030] 反応槽1では、溶融塩である溶融 CaCl_2 が陽極2と陰極3の間に通電することにより電気分解され、陽極2の側で Cl_2 ガスが発生し、陰極3の側でCaが生成する。この例では、反応槽1の内部は、隔壁4により陽極側と陰極側に分けられている。但し、隔壁4は、溶融塩の移動が妨げられないように、下方部が開口をなしている。

反応槽1内では、溶融塩の電気分解と並行して、槽内の陰極側の溶融塩中にガス状の TiCl_4 が分散して注入される。これにより、注入された TiCl_4 が溶融塩中の溶解Caにより還元され、粒子状の金属Tiが生成される。生成されたTi粒は比重差により沈降し、反応槽1内の陰極側の底に溜まる。

[0031] 反応槽1内の陰極側の底に溜まるTi粒は、その底に存在する溶融塩と共に、反応槽1から抜き出され、Ti分離工程(図示せず)に送られる。Ti分離工程では、反応槽1から溶融塩と共に抜き出されたTi粒が溶融塩から分離される。具体的には、そのTi粒を圧縮して溶融塩を絞り取る。Ti分離工程で得られたTi粒は溶融されTiインゴット

とされる。

一方、Ti分離工程でTi粒から分離された熔融塩は使用済みの熔融塩で、Caが消費され、Ca濃度が低下している。この熔融塩は、反応槽内へ戻して再利用することが望ましく、通常、反応槽1から別途抜き出された使用済みの熔融塩と共に、反応槽1内の陽極側へ導入される。

[0032] 反応槽1内の陰極側では、還元反応によるTi粒の生成に伴って熔融塩中のCaが消費される。しかし、槽内で同時に進行する電気分解により、槽内の陰極3の表面近傍でCaが生成し、これによりCaの消費分が補充される。つまり、陰極3の表面近傍で生成するCaによって、熔融塩中に供給される TiCl_4 が逐次直接的に還元される。

[0033] 一方、反応槽1内の陽極側には、望ましい形態として、Ti分離工程から使用済みの熔融塩が送り込まれる。これにより、反応槽1内には、陽極側から陰極側へ向かう熔融塩の一方向流が形成され、陰極側で生成するCaの陽極側への流入が回避される。図1に示した隔壁4が設けられていれば、前記一方向流の形成との組み合わせによって、Caの陽極側への流入防止に対してより効果的に機能する。このように、反応槽1内の陽極側に導入された熔融塩は、陰極側へ移動してCaを補充され、Caリッチとなって還元反応に再利用される。

反応槽1内の陽極側で発生した Cl_2 ガスは、 TiO_2 を塩化处理することにより、Tiの原料である TiCl_4 を生成させる塩化工程(図示せず)で再利用するのが望ましい。生成された TiCl_4 は反応槽1に導入され、Ca還元によるTi粒の生成に循環使用される。

[0034] 以上述べたように、この実施形態では、反応槽1内でCa還元によるTi粒の生成、即ちCaの消費と、電気分解によるCaの補充とが同時進行的に行なわれるので、固体状態でのCaの補充も取り出しも必要なく、Ca還元による高品質のTi粒が、連続的かつ経済的に製造される。しかも、反応槽1は還元槽及び電解槽を兼ねており、設備面での経済的メリットも大きい。更に、反応槽1内では、陰極側で生成するCaの陽極側への流入が回避されるので、Caが陽極側で発生する Cl_2 ガスと反応するバックリアクションも防止できる。

なお、操業の間、反応槽1内の熔融塩の温度は、 CaCl_2 の融点(約780℃)より高い温度に管理される。

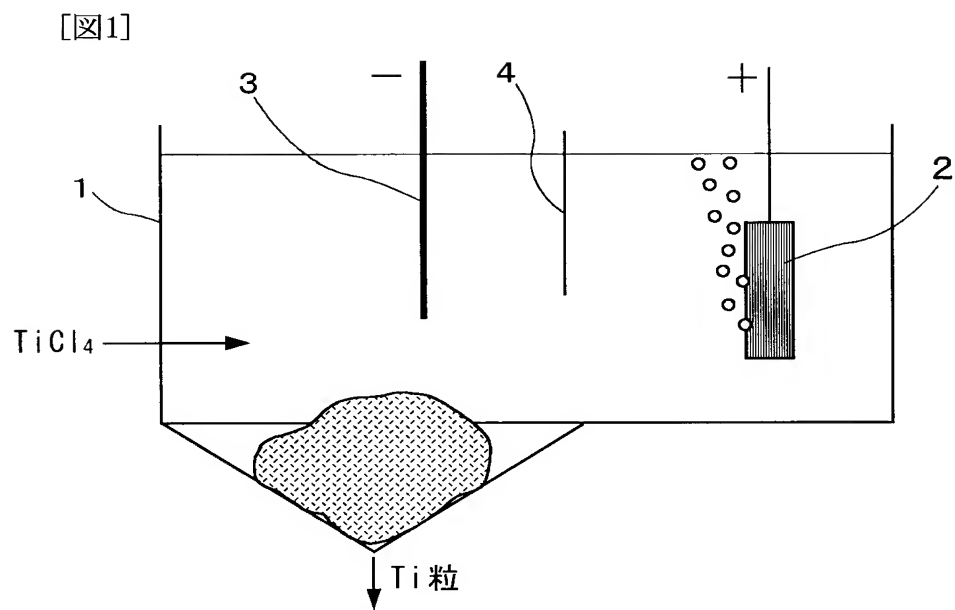
産業上の利用の可能性

[0035] 本発明のCa還元によるTi又はTi合金の製造方法によれば、原料である TiCl_4 の供給速度を高めることができ、更に、連続的な製造が可能である。しかも、反応槽内で還元反応と電解反応を同時に進行させ、還元反応で消費されるCaを電解反応で補うことができるので、Caそれ自体を単独で取り扱う必要がない。

従って、本発明の製造方法は、高純度の金属Ti又はTi合金を能率よく経済的に製造する手段として有効に利用することができることから、工業上のTi又はTi合金の製造方法として、広く適用することが可能になる。

請求の範囲

- [1] Caによる還元反応を用いたTi又はTi合金の製造方法であって、
CaCl₂を含み且つCaが溶解した溶融塩を反応槽内に保持し、該反応槽内の溶融塩中で電気分解を行うと共に、その電気分解で陰極側に生成したCaと反応するようにTiCl₄を含む金属塩化物を前記溶融塩中に供給して、前記溶融塩中にTi又はTi合金を生成させる還元電解工程と、
前記反応槽内又は反応槽外で前記Ti又はTi合金を溶融塩から分離するTi分離工程とを含むことを特徴とするCa還元によるTi又はTi合金の製造方法。



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002291

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ C25C3/26, C22B5/04, 9/10, 34/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ C25C3/26, C22B5/04, 9/10, 34/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-306725 A (Zaidan Hojin Seisan Gijutsu Kenkyu Shoreikai), 31 October, 2003 (31.10.03), Par. Nos. [0008] to [0010], [0022] to [0027] (Family: none)	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 May, 2005 (26.05.05)

Date of mailing of the international search report

14 June, 2005 (14.06.05)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ C25C3/26, C22B5/04, 9/10, 34/12

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ C25C3/26, C22B5/04, 9/10, 34/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2003-306725 A (財団法人生産技術研究奨励会) 2003. 10. 31, 【0008】 - 【0010】、【0022】 - 【0027】 (パテントファミリーなし)	1

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 05. 2005

国際調査報告の発送日

14. 6. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小柳 健悟

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

4E

3232